

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 43 10 645 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
H 04 B 7/26
H 04 B 7/212

②1 Aktenzeichen: P 43 10 645.5
②2 Anmeldetag: 1. 4. 93
④3 Offenlegungstag: 6. 10. 94

DE 43 10 645 A 1

⑦1 Anmelder:
Deutsche Aerospace AG, 80804 München, DE

⑦2 Erfinder:
Plattner, Alfred, Dipl.-Ing., 89160 Dornstadt, DE;
Nüßle, Gerhard, Dipl.-Ing., 89134 Blaustein, DE;
Kühn, Walter, 80802 München, DE

⑤4 Funksystem zur Nachrichtenübertragung zwischen mindestens einer Mobilstation und n längs einer Strecke angeordneten ortsfesten Basisstationen

⑤7 Ein Funksystem zur Nachrichtenübertragung zwischen mindestens einer Mobilstation und n längs einer Strecke angeordneten ortsfesten Basisstationen wird nach der Erfindung in seiner Zuverlässigkeit bzw. Verfügbarkeit verbessert, indem die n Basisstationen in m Gruppen unterteilt werden mit $1 < m \leq n$. Sie stehen in Funkverbindung mit der Mobilstation, die sich entlang der Strecke bewegt. Die n Basisstationen senden erste Funksignale auf m unterschiedlichen ersten Frequenzen aus, wobei Basisstationen, die ein und derselben Gruppe angehören, auf ein und derselben Frequenz senden, und Basisstationen, die unterschiedlichen Gruppen angehören, auf unterschiedlichen Frequenzen senden. Die Mobilstation sendet zweite Funksignale auf m unterschiedlichen zweiten Frequenzen aus. Alle n Basisstationen empfangen die zweiten Funksignale auf allen m zweiten Frequenzen und die Mobilstation empfängt die ersten Funksignale auf allen m ersten Frequenzen. Die Basisstationen jeder der m Gruppen sind jeweils über einen gruppeneigenen Modulationszubringer untereinander in Form einer Basisstationskette verbunden und die Enden dieser m voneinander unabhängigen Ketten sind mit einer Funkzentrale verbunden. Entlang der Strecke direkt benachbarte Basisstationen gehören immer unterschiedlichen Gruppen an.

DE 43 10 645 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Funksystem zur Nachrichtenübertragung zwischen mindestens einer Mobilstation und n längs einer Strecke angeordneten ortsfesten Basisstationen gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein solches Funksystem ist beispielsweise aus A. Plattner: "A Millimetrewave Communication System for MAGLEV Application" (Vortrag auf dem IEEE German Chapter Workshop 1992 in Ilmenau) bereits bekannt.

Funksysteme dieser Art sind linienförmig ausgebildet und werden zur Übertragung von Sprach- und/oder Datensignalen eingesetzt. Die Signale können dabei in analoger Form (z. B. Sprachsignale) oder in digitaler Form vorliegen. Ein wichtiges Einsatzgebiet solcher Funksysteme ist das Gebiet der spurgebundenen Fahrzeuge wie Eisenbahnen, Magnet-Schwebbahnen oder mit führerlosen Fahrzeugen bediente "automatisierte" Hochregallager oder Fertigungsstraßen. Dort werden Funksysteme dieser Art bevorzugt als Betriebsleitfunksysteme eingesetzt.

Weitere Anwendungsgebiete sind beispielsweise der Straßenverkehr sowie der Verkehr zu Wasser und in der Luft.

Ein bekanntes Beispiel eines solchen Funksystems ist das in dem eingangs genannten Vortrag von A. Plattner beschriebene Betriebsleitfunksystem für die Transrapid-Versuchsanlage im Emsland (TVE). Bei diesem System sind mehrere ortsfeste Funkstationen ("Basisstationen") entlang der Fahrstrecke der Transrapid-Magnetschwebbahn verteilt angeordnet und stehen in Funkverbindung mit einer mobilen Funkstation ("Mobilstation"), die in dem Transrapid-Versuchsfahrzeug angeordnet ist. Während der Fahrt des Versuchsfahrzeugs entlang dieser Fahrstrecke treten die Basisstationen nacheinander in Funkkontakt mit der Mobilstation des Versuchsfahrzeugs und tauschen mit diesem Datentelegramme aus. Die Basisstationen senden ihre Funksignale auf einer ersten Frequenz f_{01} , die Mobilstation sendet ihre Funksignale auf einer zweiten Frequenz f_{02} und dritten Frequenz f_{03} . Dementsprechend empfängt die Mobilstation des Versuchsfahrzeugs Funksignale auf der Frequenz f_{01} , und die Basisstationen empfangen Funksignale gleichzeitig auf den Frequenzen f_{02} und f_{03} . Die drei Frequenzen f_{01} bis f_{03} liegen dabei im Millimeterwellengebiet.

Bei diesem bekannten System verbindet ein Modulationszubringer in Form eines Lichtwellenleiters die ortsfesten Basisstationen untereinander in Form einer Kette und die beiden Enden dieser Kette mit einer Funkzentrale. Die Mobilstation besteht aus einer digitalen Steuer- und Auswerteeinheit, an die zwei am Versuchsfahrzeug vorn bzw. hinten angeordnete Send-/Empfangsgeräte angeschlossen sind, von denen das eine auf der zweiten Frequenz f_{02} und das andere auf der dritten Frequenz f_{03} sendet und beide Geräte auf der ersten Frequenz f_{01} empfangen können. Dieses bekannte Funksystem stellt ein einkanaliges Funksystem dar, bei dem ein einkanaliger Modulationszubringer die ortsfesten Basisstationen in Form einer Kette miteinander und mit der Funkzentrale verbindet, wobei die Basisstationen zweikanalig ausgeführt sind. Wesentliche Nachteile dieses Systems bestehen darin, daß

- a) bei Ausfall des Modulationszubringers das gesamte Funksystem ausfällt;
- b) bei Ausfall einer Basisstation die Doppelausleuchtung ausfällt;
- c) bei Ausfall eines Send-/Empfangsgeräts der Mobilstation die Funkdiversity ausfällt;
- d) die Funkübertragung nur einkanalig ist und somit keine Kanalredundanz vorhanden ist;
- e) ein Austausch von einzelnen Komponenten des Funksystems während des Betriebs ohne Unterbrechung der Funkverbindung nicht möglich ist.

Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, ein solches Funksystem dahingehend abzuändern, daß mit möglichst geringem Aufwand eine höhere Zuverlässigkeit bzw. Verfügbarkeit des Systems erzielt werden kann.

Die erfindungsgemäße Lösung der Aufgabe ist durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 wiedergegeben. Die weiteren Ansprüche enthalten vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung (Ansprüche 2 bis 14) sowie bevorzugte Anwendungen der Erfindung (Anspruch 15).

Die erfindungsgemäße Lösung sieht vor, daß ein Funksystem zur Nachrichtenübertragung zwischen mindestens einer Mobilstation und n längs einer Strecke angeordneten ortsfesten Basisstationen dahingehend ausgestaltet wird,

- daß die n ortsfesten Basisstationen in m Gruppen unterteilt sind mit $1 < m \leq n$ und $n > 1$ und in Funkverbindung mit der mindestens einen Mobilstation stehen, die sich entlang der Strecke bewegt;
- daß die n ortsfesten Basisstationen erste Funksignale auf m unterschiedlichen Frequenzen einer ersten Menge von Frequenzen aussenden, wobei Basisstationen, die ein- und derselben Gruppe angehören, auf ein und derselben Frequenz senden und Basisstationen, die unterschiedlichen Gruppen angehören, auf unterschiedlichen Frequenzen senden;
- daß die mindestens eine Mobilstation zweite Funksignale auf m unterschiedlichen Frequenzen einer zweiten Menge von Frequenzen aussendet, wobei die Schnittmenge der ersten und zweiten Menge Null ist;
- daß alle n oder ein Teil der n ortsfesten Basisstationen die zweiten Funksignale auf allen m oder auf einem Teil der m Frequenzen der zweiten Menge empfangen und die mindestens eine Mobilstation die ersten Funksignale auf allen m Frequenzen der ersten Menge empfängt;
- daß die ortsfesten Basisstationen jeder der m Gruppen jeweils über einen gruppeneigenen Modulationszubringer untereinander in Form einer Basisstationenkette verbunden sind und die Enden dieser m voneinander unabhängigen Ketten mit einer Funkzentrale verbunden sind;
- daß entlang der Strecke direkt benachbarte Basisstationen immer unterschiedlichen Gruppen angehören.

Wesentliche Vorteile der Erfindung bestehen darin, daß eine sehr hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des gesamten Funksystems erreicht wird, daß bei Geräteausfall das Gesamtsystem in seiner Funktionsfähigkeit insgesamt kaum beeinträchtigt wird und daß die Reparatur bzw. der Austausch von Systemkomponenten ohne Störung des Betriebs des Systems durchgeführt werden können.

In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung ist vorgesehen, daß die Zuordnung der einzelnen entlang der Strecke angeordneten Basisstationen zu den einzelnen Gruppen dergestalt vorgenommen ist, daß es mindestens m direkt aufeinanderfolgende Basisstationen entlang der Strecke gibt, bei denen die l -te Basisstation jeweils aus der l -ten Gruppe stammt mit $l = 1, 2, \dots, m$.

Wenn beispielsweise $m = 3$ Sendefrequenzen f_a, f_b, f_c , $n = 12$ ortsfesten Basisstationen F_1, \dots, F_{12} zugeordnet werden müssen, so kann dies auf vielfältige Weise geschehen. Zu beachten ist nach der Erfindung lediglich, daß auf der gesamten Strecke niemals direkt benachbarte ortsfeste Basisstationen ein und derselben Gruppe angehören dürfen, d. h. auf ein und derselben Sendefrequenz senden.

Eine mögliche Zuordnung der drei Sendefrequenzen auf die zwölf Basisstationen könnte beispielsweise so aussehen:

F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}	F_{12}
f_a	f_c	f_a	f_b	f_c	f_a	f_c	f_a	f_c	f_b	f_a	f_b

oder so:

F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}	F_{12}
f_a	f_c	f_a	f_c	f_a	f_b	f_c	f_a	f_c	f_a	f_b	f_a

wobei der Einfachheit halber angenommen sei, daß die ortsfesten Basisstationen F_i , $i = 1, \dots, 12$ mit monoton aufsteigenden Index i entlang der Strecke angeordnet sind. Die Zuordnung nach der ersten Tabelle ergibt $m = 3$ Gruppen von ortsfesten Basisstationen, von denen die erste ($F_1, F_3, F_6, F_8, F_{11}$) der ersten Sendefrequenz f_a , die zweite (F_4, F_{10}, F_{12}) der zweiten Sendefrequenz f_b und die dritte (F_2, F_5, F_7, F_9) der dritten Sendefrequenz f_c zugeordnet sind. Entsprechend ergibt sich nach der zweiten Tabelle eine erste Gruppe ($F_1, F_3, F_5, F_8, F_{10}, F_{12}$), eine zweite Gruppe (F_6, F_{11}) und eine dritte Gruppe (F_2, F_4, F_7, F_9). In beiden Beispielen sind die Gruppen unterschiedlich groß, d. h. sie variieren in der Anzahl der ihnen zugeordneten Basisstationen, was eine ungleichmäßige Auslastung der einzelnen Sendefrequenzen zur Folge hat.

Eine bessere Auslastung wird natürlich dann erreicht, wenn die m Gruppen möglichst gleich groß sind, d. h. möglichst die gleiche Anzahl von ihnen zugeordnete Basisstationen umfassen.

Dann ist es nämlich möglich, daß die Zuordnung der m Sendefrequenzen zu den n ortsfesten Basisstationen so vorgenommen wird, daß diese Zuordnung der m Basisstationen zu den einzelnen Gruppen eine erste Grundfolge bildet und daß sich diese erste Grundfolge entlang der Strecke mindestens einmal zumindest zum Teil, vorzugsweise jedoch vollständig wiederholt ("periodische" Lösung) oder daß diese Zuordnung der m Basisstationen zu den einzelnen Gruppen eine erste Grundfolge bildet und daß es entlang der Strecke mindestens eine weitere Folge von m direkt aufeinanderfolgenden Basisstationen gibt, deren Zuordnung zu den einzelnen Gruppen durch Permutation aus der ersten Grundfolge hervorgeht ("Permutations"-Lösung).

Im Beispielsfall heißt dies, daß eine "periodische" Zuordnung beispielsweise so aussehen könnte:

F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}	F_{12}
f_c	f_a	f_b	f_c	f_a	f_b	f_c	f_a	f_b	f_c	f_a	f_b

während eine "Permutations"-Lösung beispielsweise so aussehen könnte:

F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}	F_{12}
f_a	f_b	f_c	f_b	f_c	f_a	f_c	f_a	f_b	f_c	f_b	f_a

bei der die Grundfolge f_a, f_b, f_c für die Basisstationen F_1, F_2 und F_3 bei den folgenden Basisstationen permutiert ist: f_b, f_c, f_a (F_4, F_5, F_6) bzw. f_c, f_a, f_b (F_7, F_8, F_9) bzw. f_c, f_b, f_a (F_{10}, F_{11}, F_{12}).

Selbstverständlich sind auch andere Frequenzzuordnungen möglich, sei es auf Basis der "periodischen" Lösung oder auf Basis der "Permutations"-Lösung.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 das Blockschaltbild eines bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Funksystems in der

Ausbildung eines Betriebsleitfunktanksystems für spurgebundene Fahrzeuge;

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer vorteilhaften Ausführungsform der Funkzentrale des Funksystems gemäß Fig. 1.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Betriebsleitfunktanksystem sind (beispielhaft) $n=6$ ortsfeste Basisstationen (in $m=2$ Gruppen 3 und 4 unterteilt) entlang einer Strecke verteilt angeordnet und stehen in Funkverbindung mit einer Mobilstation 5, die in einer Lokomotive 7 angeordnet ist, die sich entlang der Strecke bewegt. Die Mobilstation 5 empfängt auf einer ersten und zweiten Frequenz f_{01} , f_{02} und sendet auf einer dritten und vierten Frequenz f_{03} , f_{04} .

Die Basisstationen der ersten Gruppe 3 senden auf der ersten Frequenz f_{01} und die der zweiten Gruppe 4 auf der zweiten Frequenz f_{02} ; die Basisstationen beider Gruppen 3, 4 empfangen auf der dritten und vierten Frequenz f_{03} , f_{04} .

Ein erster Modulationszubringer 1 verbindet die Basisstationen der ersten Gruppe 3 untereinander in Form einer ersten Kette und die beiden Enden 10, 11 dieser ersten Kette mit einer Funkzentrale 6. Ein zweiter Modulationszubringer 2 verbindet die Basisstationen der zweiten Gruppe 4 untereinander in Form einer zweiten Kette und die beiden Enden 20, 21 dieser zweiten Kette ebenfalls mit der Funkzentrale 6.

Entlang der Strecke sind abwechselnd Basisstationen der ersten und der zweiten Gruppe 3, 4 angeordnet, d. h. die Zuordnung der Frequenzen f_{01} und f_{02} zu den einzelnen Basisstationen erfolgt gemäß der "periodischen" Lösung (die "Permutations"-Lösung scheidet in diesem speziellen Fall aus, da es sonst Paare direkt benachbarter Basisstationen gäbe, die auf der gleichen Frequenz f_{01} oder f_{02} senden würden).

Die Modulationszubringer 1 bzw. 2 sind jeweils als Zweidrahtleitungen ausgelegt, die beispielsweise aus Lichtwellenleitern (LWL) gebildet werden.

Das in Fig. 1 gezeigte Funktanksystem ist als Betriebsleitfunktanksystem für die Übertragung digitaler Daten bzw. den Austausch von Nachrichten in Form von digitalen Telegrammen zwischen der Funkzentrale 6 und der Lokomotive 7 ausgelegt. Dementsprechend sind an die "sendeseitigen" Enden 10 bzw. 20 des ersten bzw. zweiten Modulationszubringers 1 bzw. 2 jeweils eine Funksignalerzeugungseinheit in Form eines Telegrammgenerators 61 bzw. 62 angeschlossen und an den empfangsseitigen Enden 11 bzw. 21 der beiden Modulationszubringer 1 bzw. 2 jeweils eine Funksignalauswertungseinheit in Form eines Telegrammempfängers 63 bzw. 64. Die Mobilstation 5 in der Lokomotive 7 besteht aus einer weiteren Funkzentrale 50, die an zwei separate Sende/Empfangsgeräte 51, 52 angeschlossen ist, von denen das eine Gerät (beispielhaft das Gerät 51) oder zumindest dessen Sende/Empfangsantenne 510 am vorderen Ende der Lokomotive 7 angeordnet ist und Funksignale auf der dritten Frequenz f_{03} aussendet und das andere Gerät (im Beispiel entsprechend das Gerät 52) oder zumindest dessen Sende/Empfangsantenne 520 am hinteren Ende der Lokomotive 7 angeordnet ist und Funksignale auf der vierten Frequenz f_{04} aussendet. Beide Geräte 51, 52 empfangen auf der ersten und zweiten Frequenz f_{01} , f_{02} . In der weiteren Funkzentrale 50 der Mobilstation 5 werden einerseits Telegramme erzeugt und über die Sende/Empfangsgeräte 51, 52 ausgesendet bzw. andererseits die über diese beiden Geräte 51, 52 empfangenen Funktelegramme der ortsfesten Basisstationen 3 bzw. 4 ausgewertet.

Das Funktanksystem ist so organisiert, daß die Mobilstation 5 der Lokomotive 7 während der Fahrt entlang der Strecke immer eingeschaltet ist und demgemäß erste Funksignale der ortsfesten Basisstationen beider Gruppen 3 und 4 über beide Sende/Empfangsgeräte 51 bzw. 52 auf den Frequenzen f_{01} und f_{02} zu jeder Zeit empfangen kann bzw. jederzeit zweite Funksignale aussenden kann (und zwar über das Sende/Empfangsgerät 51 auf der Frequenz f_{03} und über das Sende/Empfangsgerät 52 auf der Frequenz f_{04}), während von den n Basisstationen beider Gruppen 3 und 4 immer nur diejenigen Basisstationen "aktiviert" werden (d. h. Funksignale senden und empfangen können), die innerhalb der Funkreichweite der Mobilstation 5 liegen.

Die Funkreichweiten der Mobilstation 5 bzw. der Basisstationen beider Gruppen 3 und 4 sind dabei so bemessen, daß die Mobilstation 5 mindestens mit den beiden jeweils nächstliegenden (und damit untereinander direkt benachbarten) Basisstationen längs der Strecke in Funkverbindung stehen kann. Konkret bedeutet dies, daß bei den $n=6$ längs der Strecke angeordneten Basisstationen der Gruppen 3 und 4 gemäß Fig. 1 die Mobilstation 5 während der Fahrt der Lokomotive 7 von dem einen Ende der Strecke zu dem anderen Ende der Strecke nacheinander mit folgenden Basisstationspaaren Funkkontakt hat: zunächst mit dem Stationspaar 3₁ und 4₁ (die in dieser Zeit aktiviert, d. h. eingeschaltet sind, während die übrigen Basisstationen 3₂, 4₂, 3₃, 4₃ deaktiviert, d. h. ausgeschaltet sind), dann mit dem Stationspaar 4₁ und 3₂ (in dieser Zeit sind die Basisstationen 3₁, 4₂, 3₃ und 4₃ deaktiviert), dann mit dem Stationspaar 3₂ und 4₂ (in dieser Zeit sind die Basisstationen 3₁, 4₁, 3₃ und 4₃ deaktiviert), dann mit dem Stationspaar 4₂ und 3₃ (in dieser Zeit sind die Basisstationen 3₁, 4₁, 3₂, 4₃ deaktiviert) und schließlich mit dem Stationspaar 3₃ und 4₃ (in dieser Zeit sind die Basisstationen 3₁, 4₁, 3₂ und 4₂ deaktiviert).

Hieraus folgt, daß die weitere Funkzentrale 50 der Mobilstation 5 bei ungestörtem Betrieb des Funksystems immer vier Funksignale empfängt, die von dem jeweils aktivierten Basisstationspaar (z. B. dem Stationspaar 3₂ und 4₁) herkommen; zwei Signale empfängt die weitere Funkzentrale dabei über das erste Sende/Empfangsgerät 51 und zwei Signale über das zweite Sende/Empfangsgerät 52. Da die Basisstationen des jeweils aktivierten Basisstationspaars immer unterschiedlichen Gruppen angehören, empfangen beide Sende/Empfangsgeräte 51, 52 der Mobilstation 5 somit immer zwei Signale unterschiedlicher Frequenz gleichzeitig, nämlich ein Signal auf der Frequenz f_{01} , das von der jeweils aktivierten (d. h. nächstliegenden) Basisstation der ersten Gruppe 3 herkommt (z. B. der Basisstation 3₂) und ein Signal auf der Frequenz f_{02} , das von der jeweils aktivierten (d. h. nächstliegenden) Basisstation der zweiten Gruppe 4 herkommt (z. B. der Basisstation 4₁). Umgekehrt empfängt jede der beiden jeweils aktivierten Basisstationen jeweils zwei Funksignale der Mobilstation 5 auf unterschiedlichen Frequenzen, nämlich ein Funksignal auf der Frequenz f_{03} , das vom Sende/Empfangsgerät 51 der Mobilstation 5 herkommt, und ein Funksignal auf der Frequenz f_{04} , das vom Sende/Empfangsgerät 52 der Mobilstation 5 herkommt.

Für den Fall, daß nicht nur zu einer Lokomotive Funkkontakt gehalten werden muß, sondern zu mehreren Lokomotiven (die sich längs der gleichen Strecke bewegen), ist in einer Weiterbildung des Funksystems vorgesehen, daß die Mobilstationen der einzelnen Lokomotiven in der oben geschilderten Weise nach dem Zeitmultiplexverfahren mit der Funkzentrale in Funkkontakt stehen. Befinden sich beispielsweise drei Lokomotiven auf der von den $n=6$ Basisstationen gemäß Fig. 1 ausgeleuchteten Strecke, von denen beispielsweise die Basisstationen 3₁ und 4₁ in Funkreichweite der Mobilstation der ersten Lokomotive stehen bzw. die Basisstationen 3₂ und 4₂ in Funkreichweite der Mobilstation der zweiten Lokomotive bzw. die Basisstationen 3₃ und 4₃ in Funkreichweite der Mobilstation der dritten Lokomotive, so würde nach dieser Weiterbildung des oben beschriebenen Verfahrens die Mobilstation der ersten Lokomotive in einem ersten Zeitschlitz in Funkkontakt mit der Funkzentrale stehen, die Mobilstation der zweiten Lokomotive entsprechend in einem dem ersten Zeitschlitz nachfolgenden zweiten Zeitschlitz und die Mobilstation der dritten Lokomotive entsprechend in einem dem zweiten Zeitschlitz nachfolgenden dritten Zeitschlitz. Innerhalb der einzelnen Zeitschlitzläufe läuft die Funkkommunikation zwischen der jeweiligen Lokomotive und der Funkzentrale in der oben beschriebenen Weise ab.

Bei dieser Weiterbildung muß durch an sich bekannte und hier nicht weiter erläuterte Maßnahmen natürlich sichergestellt sein, daß zum einen die Funkreichweite der mobilen und ortsfesten Stationen so bemessen ist, daß eine Funkverbindung zwischen einer Mobilstation und den beiden dieser Mobilstation räumlich am nächsten liegenden Basisstationen möglich ist. Da hier ein Zeitmultiplexverfahren verwendet wird, bei dem den einzelnen Lokomotiven jeweils eine bestimmte Adresse und ein bestimmter Zeitschlitz zugeordnet sind, ist die Einhaltung eines Mindestabstands zwischen den einzelnen Lokomotiven nicht erforderlich.

In Fig. 2 ist der prinzipielle Aufbau einer bevorzugten Ausführungsform der (ortsfesten) Funkzentrale 6 gezeigt.

Eine Steuer- und Auswerteeinheit 60, die auch diverse Schnittstellen zum Anschluß anderer Geräte (Tastatur, Bildschirm, Telefon, Datenerzeugungs-, -verarbeitungs- und -auswertungsgeräte usw.) sowie Redundanzumschalter enthält, ist mit dem ersten bzw. zweiten Telegrammgenerator 61, 62 verbunden, die ihrerseits über Zweidrahtleitungen mit den "sendeseitigen" Enden 10, 20 des ersten bzw. zweiten Modulationszubringers 1, 2 verbunden sind. Ferner ist die Steuer- und Auswerteeinheit 60 mit den Ausgängen der beiden Telegrammempfänger 63, 64 verbunden, die ihrerseits mit ihren Eingängen über eine Bitsynchronisations- und Diversity-Umschaltungseinheit 65 über Zweidrahtleitungen mit den "empfangsseitigen" Enden 11 bzw. 21 der beiden Modulationszubringer 1 bzw. 2 verbunden sind.

Das diesem Betriebsleitfunktssystem zugrunde liegende Konzept teilt somit den (an sich bekannten) Modulationszubringer zu den ortsfesten Basisstationen der beiden Gruppen 3, 4 in zwei voneinander unabhängige Ketten 1, 2 auf, wobei die letzte Basisstation 3₃ bzw. 4₃ in einer solchen Kette 3, 4 die Verbindung zurück zur ortsfesten Funkzentrale 6 realisiert. Dadurch entsteht jeweils eine Ringstruktur, ähnlich der eines Token Ringes.

Die beiden Ketten 1, 2 von Basisstationen sind räumlich so angeordnet, daß die einzelnen Stationen der beiden Gruppen 3, 4 wie die Zähne eines Kammes ineinander greifen. Jede dieser Modulationszubringer-Ketten 1, 2 ist redundant aufgebaut. Hierbei entsteht unter Ausnutzung dieser Redundanz ein vierkanaliges Übertragungssystem, bei dem die Basisstationen 3 des ersten Modulationszubringer 1 auf der ersten Frequenz f_{01} erste Funksignale aussenden und entsprechend Funksignale auf dem Frequenzpaar f_{03} , f_{04} empfangen, während die Basisstationen 4 des zweiten Modulationszubringers 2 auf der zweiten Frequenz f_{02} erste Funksignale aussenden und Funksignale ebenfalls auf dem Frequenzpaar f_{03} , f_{04} empfangen. Das entspricht einem Funksystem mit zwei voneinander unabhängigen Übertragungskkanälen. Dazu passend sendet die Mobilstation 5 zweite Funksignale auf dem Frequenzpaar f_{03} und f_{04} und empfängt die ersten Funksignale auf dem Frequenzpaar f_{01} , f_{02} .

Die ortsfesten Datenquellen bilden dabei die beiden Telegrammgeneratoren 61 und 62 der Funkzentrale 6, so daß pro Funkkanal eine eigenständige Datenquelle vorhanden ist. Nach der Diversityumschaltung in der Umschaltungseinheit 65 bilden die beiden Telegrammempfänger 63, 64 der Funkzentrale 6 die ortsfesten Datenbanken, so daß pro Funkkanal auch eine eigenständige Datenbank vorhanden ist.

Das in den Figuren beschriebene Funksystem besteht somit sowohl im Bereich der Datenbank und der Datenquelle als auch auf dem gesamten Übertragungsweg aus zwei voneinander unabhängigen Funkkanälen, welche zusätzlich redundant aufgebaut sind und unter Ausnutzung dieser Redundanz eine vierfache Diversity bieten.

Die weitere Funkzentrale (50 in Fig. 1) der Mobilstation ist in einer bevorzugten Ausführungsform ähnlich ausgestaltet wie die Funkzentrale gemäß Fig. 2. Im einzelnen enthält sie eine weitere Steuer- und Auswerteeinheit sowie eine weitere erste und weitere zweite Funksignalerzeugungseinheit und eine weitere erste und weitere zweite Funksignalauswertungseinheit. Die weitere Steuer- und Auswerteeinheit ist bei dieser Ausführungsform über die weitere erste Funksignalerzeugungseinheit mit dem Sendeeingang des ersten Sende/Empfangsgeräts (51 in Fig. 1) und über die weitere erste Funksignalauswertungseinheit mit dem Empfänger Ausgang des ersten Sende/Empfangsgeräts (51 in Fig. 1) verbunden. Über die weitere zweite Funksignalerzeugungseinheit ist sie ferner mit dem Sendeeingang des zweiten Sende/Empfangsgeräts (52 in Fig. 1) und über die weitere zweite Funksignalauswertungseinheit mit dem Empfänger Ausgang des zweiten Sende/Empfangsgeräts (52 in Fig. 1) verbunden. Zwischen den beiden weiteren Funksignalauswertungseinheiten und den Empfänger Ausgängen der beiden Sende/Empfangsgeräte (51, 52 in Fig. 1) ist außerdem eine weitere Bitsynchronisations- und Diversityumschaltungseinheit geschaltet.

Die weiteren Funkzentralen der einzelnen Mobilstationen bzw. die ortsfeste Funkzentrale können als analog arbeitende Einheiten realisiert werden. Bevorzugt werden sie jedoch als rein digital arbeitende Einheiten realisiert.

Es versteht sich, daß die Erfindung nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt ist, sondern vielmehr auch auf weitere übertragen werden kann.

So ist selbstverständlich auch die Ausbildung eines entsprechenden Funksystems zur Übertragung analoger

Daten bzw. Signale denkbar.

Ferner können die Modulationszubringer auch mit metallischen Leitern gebildet werden.

Schließlich ist es denkbar, das erfindungsgemäße Funksystem auch in anderweitigen Bereichen einzusetzen: so z. B. als Leitfunksystem für den Straßenverkehr entlang der Autobahnen und Überlandstraßen oder als Leitfunksystem für Schiffe entlang der Schifffahrtsstraßen auf See bzw. auf Flüssen.

Patentansprüche

1. Funksystem zur Nachrichtenübertragung zwischen mindestens einer Mobilstation und n längs einer Strecke angeordneten ortsfesten Basisstationen, gekennzeichnet durch folgende Merkmale
 - die n ortsfesten Basisstationen sind in m Gruppen (3, 4) unterteilt mit $1 < m \leq n$ und $n > 1$ und stehen in Funkverbindung mit der mindestens einen Mobilstation (5), die sich entlang der Strecke bewegt;
 - die n ortsfesten Basisstationen (3, 4) senden erste Funksignale auf m unterschiedlichen Frequenzen (f_{01}, f_{02}) einer ersten Menge von Frequenzen aus, wobei Basisstationen, die ein und derselben Gruppe (3 bzw. 4) angehören, auf ein und derselben Frequenz (f_{01} bzw. f_{02}) senden und Basisstationen, die unterschiedlichen Gruppen (3, 4) angehören, auf unterschiedlichen Frequenzen (f_{01}, f_{02}) senden;
 - die mindestens eine Mobilstation (5) sendet zweite Funksignale auf m unterschiedlichen Frequenzen (f_{03}, f_{04}) einer zweiten Menge von Frequenzen aus, wobei die Schnittmenge der ersten und zweiten Menge Null ist;
 - alle n oder ein Teil der n ortsfesten Basisstationen (3, 4) empfangen die zweiten Funksignale auf allen m oder auf einem Teil der m Frequenzen (f_{03}, f_{04}) der zweiten Menge und die mindestens eine Mobilstation (5) empfängt die ersten Funksignale auf allen m Frequenzen (f_{01}, f_{02}) der ersten Menge;
 - die ortsfesten Basisstationen jeder der m Gruppen (3, 4) sind jeweils über einen gruppeneigenen Modulationszubringer (1, 2) untereinander in Form einer Basisstationskette verbunden und die Enden (10, 11 bzw. 20, 21) dieser m von einander unabhängigen Ketten (1, 2) sind mit einer Funkzentrale (6) verbunden;
 - entlang der Strecke direkt benachbarte Basisstationen gehören immer unterschiedlichen Gruppen (3, 4) an.
2. Funksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuordnung der einzelnen entlang der Strecke angeordneten Basisstationen zu den einzelnen Gruppen (3, 4) dergestalt vorgenommen ist, daß es mindestens m direkt aufeinanderfolgende Basisstationen entlang der Strecke gibt, bei denen die l -te Basisstation jeweils aus der l -ten Gruppe stammt mit $l = 1, 2, \dots, m$.
3. Funksystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß diese Zuordnung der m Basisstationen zu den einzelnen Gruppen eine erste Grundfolge bildet und daß sich diese erste Grundfolge entlang der Strecke mindestens einmal zumindest zum Teil, vorzugsweise jedoch vollständig wiederholt.
4. Funksystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß diese Zuordnung der m Basisstationen zu den einzelnen Gruppen eine erste Grundfolge bildet und daß es entlang der Strecke mindestens eine weitere Folge von m direkt aufeinanderfolgenden Basisstationen gibt, deren Zuordnung zu den einzelnen Gruppen durch Permutation aus der ersten Grundfolge hervorgeht.
5. Funksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß von den n Basisstationen der beiden Gruppen (3, 4) immer nur die beiden Basisstationen aktiviert sind, d. h. Funksignale senden und empfangen können, die der Mobilstation (5) räumlich jeweils am nächsten liegen und daß die übrigen $n-2$ Basisstationen der beiden Gruppen (3, 4) jeweils deaktiviert sind.
6. Funksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei mehreren Mobilstationen die Funkkommunikation der einzelnen Mobilstationen mit der Funkzentrale im Zeitmultiplexverfahren abgewickelt wird.
7. Funksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die n ortsfesten Basisstationen in $m=2$ Gruppen (3, 4) unterteilt sind, daß die Basisstationen der ersten Gruppe (3) die ersten Funksignale auf einer ersten Frequenz (f_{01}) und die Basisstationen der zweiten Gruppe (4) die ersten Funksignale auf einer zweiten Frequenz (f_{02}) aussenden, daß die mindestens eine Mobilstation (5) die zweiten Funksignale auf einer dritten und vierten Frequenz (f_{03}, f_{04}) aussendet und die ersten Funksignale auf der ersten und zweiten Frequenz (f_{01}, f_{02}) empfängt und daß die ortsfesten Basisstationen beider Gruppen (3, 4) die zweiten Funksignale auf der dritten und vierten Frequenz (f_{03}, f_{04}) empfangen.
8. Funksystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Mobilstation (5) eine weitere Funkzentrale (50) sowie zwei mit dieser weiteren Funkzentrale (50) verbundene Sende/Empfangsgeräte (51, 52) aufweist, daß das erste Sende/Empfangsgerät (51) die zweiten Funksignale auf der dritten Frequenz (f_{03}) und das zweite Sende/Empfangsgerät (52) auf der vierten Frequenz (f_{04}) aussenden und beide Sende/Empfangsgeräte (51, 52) die ersten Funksignale auf der ersten und zweiten Frequenz (f_{01}, f_{02}) empfangen.
9. Funksystem nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Funkzentrale (6) eine Steuer- und Auswerteeinheit (60) sowie eine erste und zweite Funksignalerzeugungseinheit (61, 62) und eine erste und zweite Funksignalauswertungseinheit (63, 64) aufweist, daß die Steuer- und Auswerteeinheit (60) über die erste Funksignalerzeugungseinheit (61) mit dem sendeseitigen Ende (10) des ersten Modulationszubringers (1) für die erste Gruppe (3) von ortsfesten Basisstationen und über die erste Funksignalauswertungseinheit (63) mit dem empfangsseitigen Ende (11) des ersten Modulationszubringers (1) verbunden ist und über die zweite Funksignalerzeugungseinheit (62) mit dem sendeseitigen Ende (20) des zweiten Modulationszubringers (2) für die zweite Gruppe (4) von ortsfesten Basisstationen und über die zweite Funksignalauswertungseinheit (64) mit dem empfangsseitigen Ende (21) des zweiten Modulationszubringers (2) verbunden ist.

10. Funksystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den beiden Funksignalauswertungseinheiten (63, 64) und den empfangsseiten Enden (11, 21) der beiden Modulationszubringer (1, 2) eine Bitsynchronisations- und Diversityumschaltungseinheit (65) geschaltet ist.
11. Funksystem nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die weitere Funkzentrale (50) der mindestens einen Mobilstation (5) eine weitere Steuer- und Auswerteeinheit sowie eine weitere erste und weitere zweite Funksignalerzeugungseinheit und eine weitere erste und weitere zweite Funksignalauswertungseinheit aufweist, daß die weitere Steuer- und Auswerteeinheit über die weitere erste Funksignalerzeugungseinheit mit dem Sendeeingang des ersten Sende/Empfangsgeräts (51) und über die weitere erste Funksignalauswertungseinheit mit dem Empfänger Ausgang des ersten Sende/Empfangsgeräts (51) verbunden ist und über die weitere zweite Funksignalerzeugungseinheit mit dem Sendeeingang des zweiten Sende/Empfangsgeräts (52) und über die weitere zweite Funksignalauswertungseinheit mit dem Empfänger Ausgang des zweiten Sende/Empfangsgeräts (52) verbunden ist.
12. Funksystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den beiden weiteren Funksignalauswertungseinheiten und den Empfänger Ausgängen der beiden Sende/Empfangsgeräte (51, 52) eine weitere Bitsynchronisations- und Diversityumschaltungseinheit geschaltet ist.
13. Funksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulationszubringer (1, 2) als Lichtwellenleiter ausgebildet sind.
14. Funksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzen der ersten Menge (f_{01} , f_{02}) um den Duplexabstand von den Frequenzen der zweiten Menge (f_{03} , f_{04}) versetzt sind.
15. Funksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch seine Verwendung als Funknetz, insbesondere Betriebsleitfunknetz für weg-, insbesondere spurgebundene Fahrzeuge, insbesondere für Eisenbahnen oder Magnet-Schwebbahnen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

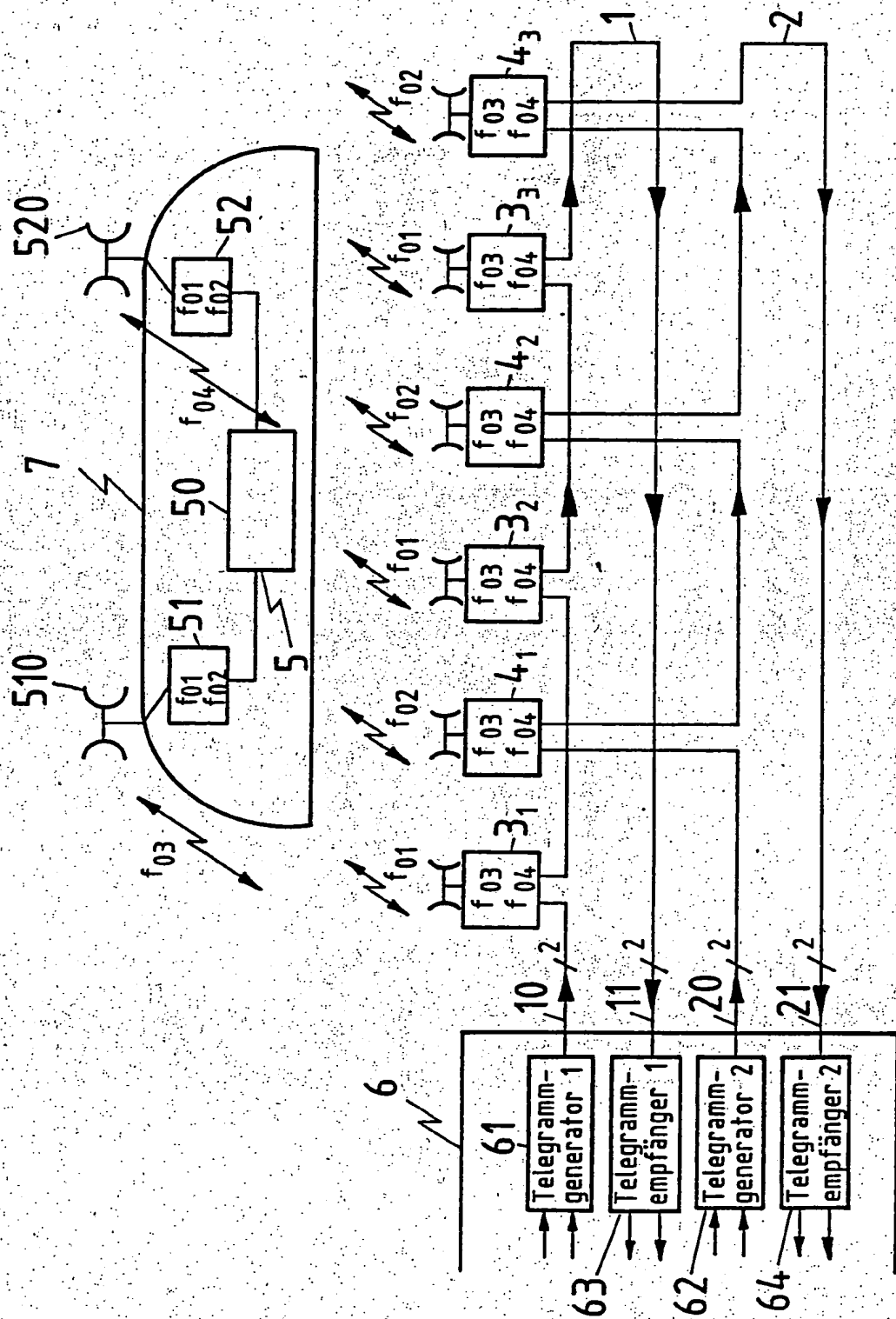


FIG. 1

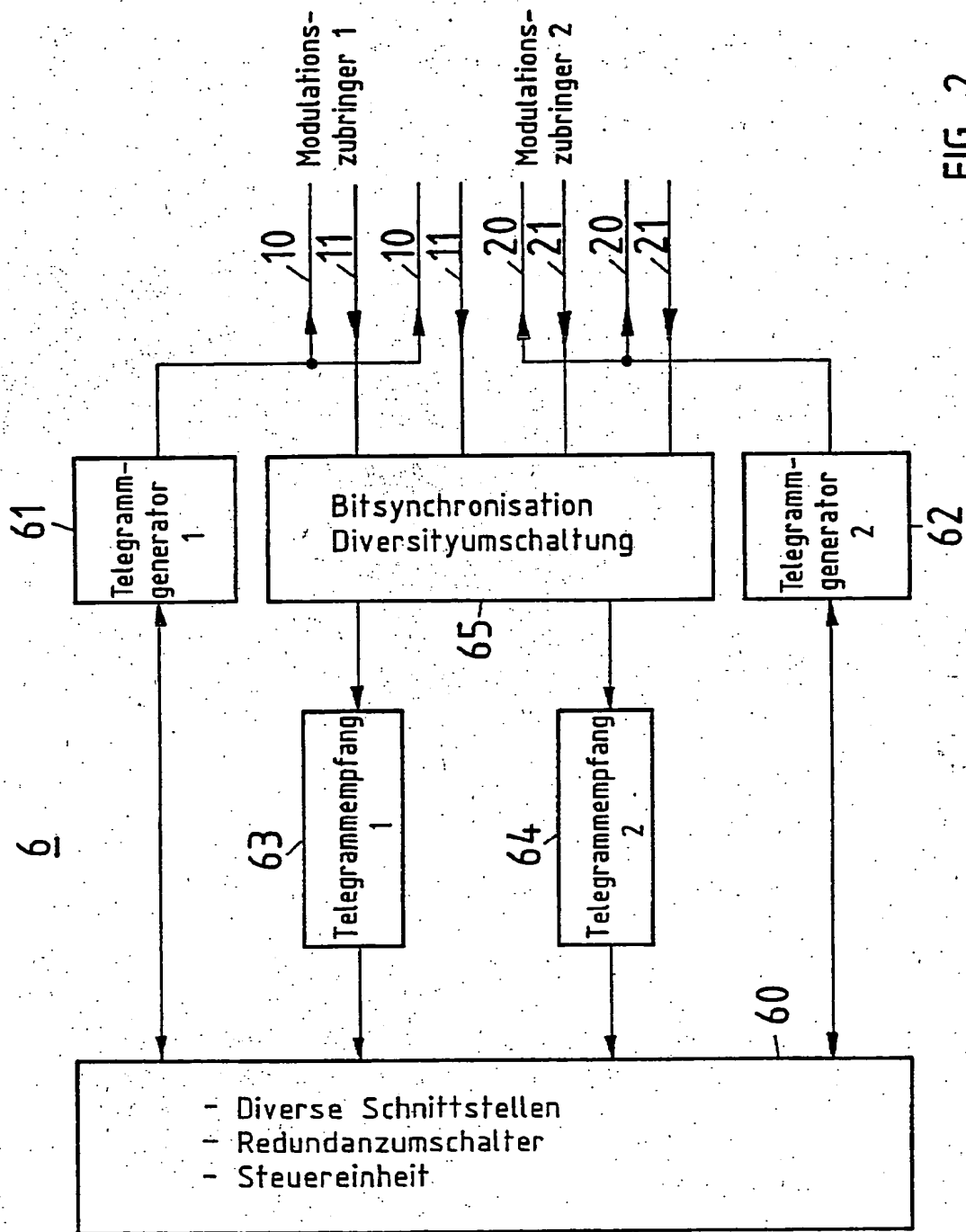


FIG. 2